

2. Математические модели технологического процесса лесобработывающего цеха / В.В. Чамеев, Г.Л. Васильев, Ю.В. Ефимов, С.Б. Якимович. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2015. 38 с.

3. Чамеев В.В., Иванов В.В. Алгоритмы и машинные программы для исследования технологических процессов лесобработывающих цехов: компонент-программа «СТАНОК» // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXII века: труды XIII Международн. евразийск. симпозиума / под науч. ред. В.Г. Новосёлова. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2018.

4. Чамеев В.В., Иванов В.В. Влияние параметров сырья на временные показатели работы станков при раскрое круглых лесоматериалов // Урал промышленный Урал поллярный: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: сборник мат-лов Междунар. науч.-технич. конф. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2007. С. 244–247.

5. Планирование экспериментов на имитационных моделях комплекс-программы «ЦЕХ» / В.В. Чамеев, К.В. Ивачёва, Р.А. Уксусов, В.В. Терентьев // Леса России и хозяйство в них: жур. Вып. 1 (44) / ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет». Екатеринбург, 2013. С. 104–107.

6. Факторные эксперименты на имитационных моделях / В.В. Чамеев, К.В. Ивачёва, Д.В. Останин, П.А. Дектярёв // Научное творчество молодёжи – лесному комплексу России: мат-лы IX Всерос. науч.-техн. конф. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2013. Ч. 2. С. 39–41.

7. Чамеев В.В., Ефимов Ю.В., Усольцева Ю.И. Математическая модель, моделирующий алгоритм и результаты расчёта на имитационной модели влияния параметров сырья на временные показатели работы лесобработывающих станков // Молодой учёный. 2016. № 8 (112). Ч. III. С. 349–354.

УДК 634

В.В. Чамеев¹, В.В. Иванов¹, В.В. Терентьев²

(V.V. Chameev¹, V.V. Ivanov¹, V.V. Terent'ev²)

(¹УГЛТУ, ²Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами:

chameev47@yandex.ru, victor.82@mail.ru, terentevv@rambler.ru

ЭТАПЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ЛЕСООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТОКАХ С УЧЁТОМ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИХ ЗАГРУЗКИ

STAGES OF SYNCHRONIZATION OF FOREST PROCESSING MACHINES IN TECHNOLOGICAL FLOWS WITH ACCOUNTING THEIR LOAD FACTOR

Рассмотрены этапы и методики синхронизации технологических потоков лесобработывающих цехов с «внешней средой» и более подробно – станков между собой. Задача решалась методами имитационного моделирования с помощью комплекс-программы «ЦЕХ».

In the article stages and methods of synchronization of technological flows of forest-processing shops with «external environment» and, in more detail, machine tools among themselves are considered. The problem was solved by the methods of simulation with the help of the complex-program «ЦЕХ».

Теория производительности машин и линий в лесопильном производстве базируется на основных положениях общей теории производительности машин и механизмов, разработанных в машиностроении докторами технических наук, профессорами Г.А. Шаумяном, А.П. Владзиевским и др. учёными.

В деревообрабатывающем станкостроении этими вопросами занимались доктора технических наук, профессора А.Э. Грубэ, Н.В. Маковский, Н.А. Морозов, М.Д. Бавельский и др. Впервые вопросы производительности машин и линий лесопильного производства были освещены доктором, профессором Р.Е. Калитиевским в 1962 г. [1]. На кафедре ТОЛП УГЛТУ первые работы в этом направлении появились в 1974 г. (обоснование межоперационных запасов на питателях головных станков аналитическими методами) [2], в статье [3], а с использованием имитационного моделирования – в статьях 1980 и 1981 годов [4, 5]. Настоящая работа является последней в этом направлении.

Программное обеспечение для решения задачи, этапы синхронизации

Основным требованием в теории производительности машин и механизмов при расчёте технологических потоков является обеспечение максимально возможной пропускной способности головного (ведущего) станка за счёт большей производительности последующего оборудования по сравнению с предыдущим и назначением между смежными станками «пульсирующих» и «страховых» запасов заготовок оптимальной ёмкости.

Решение этой проблемы наиболее эффективно методами имитационного моделирования технологического процесса лесобрабатывающего цеха (ЛОЦ) с помощью, например, комплекс-программы (КП) «ЦЕХ» [6]. Непосредственно задача синхронизации станочной системы ЛОЦ в рамках КП «ЦЕХ» решается с помощью компонент-программы (КП) «ПОТОК» [7] поэтапно:

1. Синхронизация работы технологического потока (ТП) лесобрабатывающего цеха (ЛОЦ) с «внешней» средой назначением оптимальной вместимости питателя перед цехом.
2. Синхронизация головного станка (ГС) с входным потоком лесоматериалов назначением оптимальной вместимости питателя перед ГС.
3. Синхронизация ГС со станками последующих уровней деления лесоматериалов назначением оптимальных ёмкостей питателей перед ними или их пропускных способностей. Степень синхронизации станков в ТП оценивается по коэффициентам их загрузки. Общая методика синхронизации изложена в работе [8].

Решение задачи

Результаты синхронизации станков в технологических потоках ЛОЦ по первому этапу приведена в работе [9], по второму этапу при распиловке сырья вразвал – в [10, 11], при распиловке с брусочкой – в [12, 13]. Имеются и некоторые результаты синхронизации станков ТП по третьему этапу [14, 15].

Задачи исследования 3-го этапа:

- 1) оценка влияния на загрузку головного станка ГС параметров станков второго уровня ВС и третьего уровня ТС;
- 2) определение оптимальных значений загрузки станков ВС и ТС, обеспечивающих максимальную пропускную способность головного станка ГС.

К основным параметрам, влияющим на работу головного станка ГС, отнесены: число станков 2-го уровня деления (ВС) и 3-го уровня деления лесоматериалов (ТС), скорость подачи заготовок через станки второго уровня деления ВС $V_{П}^{ВС}$ и длительность цикла деления заготовок на станке ТС t_d , ёмкости их питателей $E_{П}^{ВС}$ и $E_{П}^{ТС}$.

Имитационное моделирование работы ГС при заданных параметрах технологического процесса (рис. 1) и $E_{\Pi}^{BC} = \infty$ показывает высокий коэффициент его загрузки $K_3^{GC} = 0,973$, достигнутый назначением оптимальной длины питателя перед ГС $\ell_{\Pi}^{GC} = 280$ см. Последующие за головным станки снижают K_3^{GC} . Оценка влияния ввода в моделируемую систему станков 2-го уровня на K_3^{GC} оценивается величиной снижения коэффициента загрузки головного станка ΔK_{BC}^{GC} .

$$\Delta K_{BC}^{GC} = K_3^{GC}(E_{\Pi}^{BC} = \infty) - K_3^{GC}(E_{\Pi}^{BC} = N),$$

где $K_3^{GC}(E_{\Pi}^{BC} = \infty)$ – коэффициент загрузки ГС, определяемый при $E_{\Pi}^{BC} = \infty$;
 $K_3^{GC}(E_{\Pi}^{BC} = N)$ – K_3^{GC} при $E_{\Pi}^{BC} = N$ заготовок.

Условные обозначения:

$t_{\Pi}^{ПТМ}$ – среднее время между смежными подачами пачек ёмкостью $V_{\Pi} = 8 \text{ м}^3$ на питатель перед цехом;

d, ℓ – средние диаметр и длина брёвен;

V^{TP} – скорость подающего транспортера;

ℓ_{Π}^{GC} – длина питателя головного станка ГС (коротышовая рама РК 63-2) моделирования взяты однопильный станок с продольной подачей ЦКБ-40 с $t_d = 55$ с и многопильный, торцовочный станок с поперечной подачей ГСПР16-М8 с $t_d = 10,1$ с.

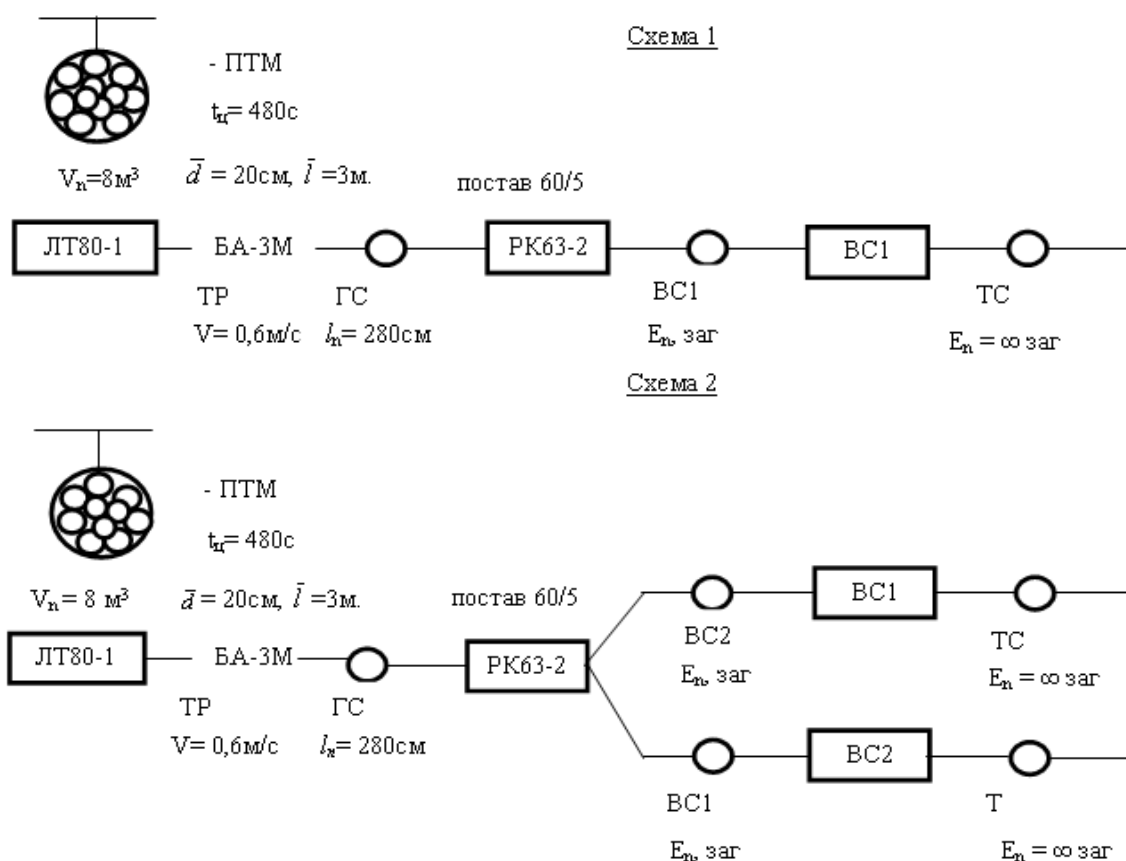


Рис. 1. Структурные схемы и исходная информация для исследования работы станков второго уровня деления лесоматериалов ВС при выпилке короткомерной пилопродукции

Соответственно, влияние на работу ГС и ВС станков 3-го уровня деления лесоматериалов ТС:

$$\Delta K_{BC-TS}^{GC} = K_3^{GC}(E_{П}^{BC} = \infty, E_{П}^{TC} = \infty) - K_3^{GC}(E_{П}^{TC} = N),$$

$$\Delta K_{TS}^{BC} = K_3^{BC}(E_{П}^{TC} = \infty) - K_3^{BC}(E_{П}^{TC} = N).$$

На величину снижения коэффициента загрузки головного станка ΔK_{BC}^{GC} значительно влияет не только $E_{П}^{BC}$, но и $V_{П}^{BC}$. Анализ зависимостей $\Delta K_{BC}^{GC} = f(V_{П}^{BC})$, построенных для диапазона $E_{П}^{BC}$ от 5 до 100 заг. (рис. 2), показывает, что при заданных параметрах моделируемой системы (рис. 1) при минимальной $E_{П}^{BC} = 5$ заг. (почти «жёсткая связь») и $V_{П}^{BC} = 10$ м/мин $\Delta K_{BC}^{GC} = 0,068$. Увеличение $V_{П}^{BC}$ до 15 м/мин уменьшает ΔK_{BC}^{GC} до величины 0,043.

Значительное снижение ΔK_{BC}^{GC} достигается при $E_{П}^{BC} = 50$ заг. и при $V_{П}^{BC} = 10$ м/мин. В этом случае $\Delta K_{BC}^{GC} = 0,012$. Такая же величина ΔK_{BC}^{GC} (0,013) получается при $E_{П}^{BC} = 25$ заг., но при $V_{П}^{BC} = 15$ м/мин. Дальнейшее увеличение $E_{П}^{BC}$ не целесообразно из-за незначительного снижения ΔK_{BC}^{GC} .

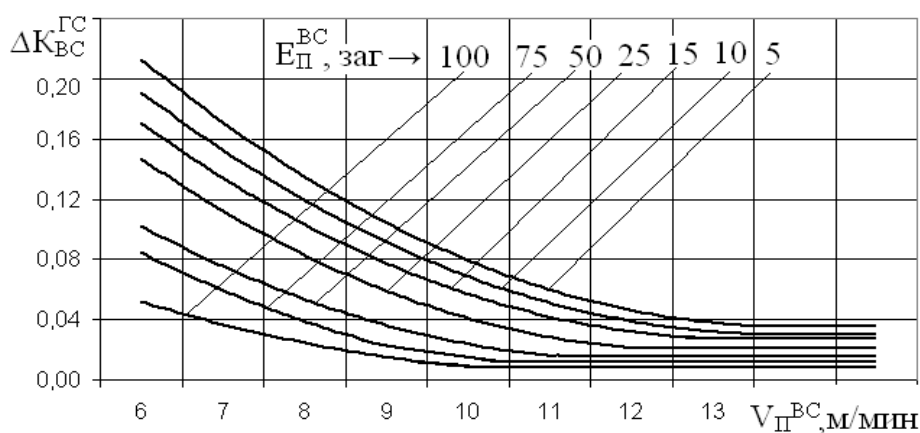


Рис. 2. Графики зависимостей $\Delta K_{BC}^{GC} = f(V_{П}^{BC})$ для различных $E_{П}^{BC}$ (для схемы 1 на рисунке 1)

Таким образом:

1) замена «жёсткой» связи ($E_{П}^{BC} = 5$ заг.) между ГС и ВС на «гибкую» ($E_{П}^{BC} = 50$ заг.) увеличивает K_3^{GC} на 0,056 при $V_{П}^{BC} = 10$ м/мин; при $V_{П}^{BC} = 15$ м/мин – на 0,034.

2) синхронизация работы ГС и ВС, при которой $\Delta K_{BC}^{GC} \approx 0$, осуществляется двумя способами – увеличением вместимости питателя $E_{П}^{BC}$ или увеличением скорости подачи $V_{П}^{BC}$. Первый способ предпочтителен в условиях, когда накладываются ограничения на $V_{П}^{BC}$, а второй – в условиях ограниченной вместимости $E_{П}^{BC}$.

Определение оптимального значения загрузки станков 2-го уровня, обеспечивающих максимальную пропускную способность головного станка, проведено для двух типовых структурных схем (рис. 1) при фиксированных $E_{П}^{BC}$. Для 1-й схемы $E_{П}^{BC}$ на основании проведённых исследований принята 50 заг., а для второй схемы (на основании графического анализа функции $K_3^{GC} = f(E_{П}^{BC1} = E_{П}^{BC2})$) вместимость питателей принята $E_{П}^{BC1} = E_{П}^{BC2} = 25$ заг. Результаты машинного эксперимента приведены на рисунке 3.

Анализ графиков $K_3^{GC} = f(V_{П}^{BC})$ показывает, что K_3^{GC} стабилизируется для 1-й схемы при $V_{П}^{BC} = 10$ м/мин, а для 2-й при $V_{П}^{BC1} = V_{П}^{BC2} = 4$ м/мин.

Полученные значения $K_3^{ГС}$ соответствуют следующим коэффициентам загрузки ВС: для 1-й схемы $K_3^{ВС} = 0,62$, а для 2-й – $0,76$. Тогда недогрузка станка ВС составляет $\Delta K_3^{ГС-ВС} = K_3^{ГС} - K_3^{ВС}$ для 1-й схемы $0,34$ и для 2-й – $0,2$. При этом потери в коэффициенте загрузки ГС для обеих схем будут одинаковы – $\Delta K_{ВС}^{ГС} = 0,011$.

В целях распространения полученных результатов исследований на другие условия работы станков параметр $V_{П}^{ВС}$ удобнее заменить на безразмерную величину $K_3^{ВС}$. На рисунке 4 (по данным рисунка 3) построены зависимости $K_3^{ГС}$ и $\Delta K_{ВС}^{ГС}$ от $K_3^{ВС}$. Интерпретация результатов та же, что и для рисунка 3.

Для проведения исследований по влиянию на загрузку станков 1-го и 2-го уровней параметров станков 3-го уровня ТС моделировалась структурная схема 1 (рис. 1) при $V_{ПВС} = 10$ м/мин, $E_{ПВС} = 50$ заг., поставе ВС 9/15. Торцовочными станками ТС для моделирования взяты однопильный станок с продольной подачей ЦКБ-40 с $t_d = 55$ с и многопильный торцовочный станок с поперечной подачей ГСПР16-М8 с $t_d = 10,1$ с.

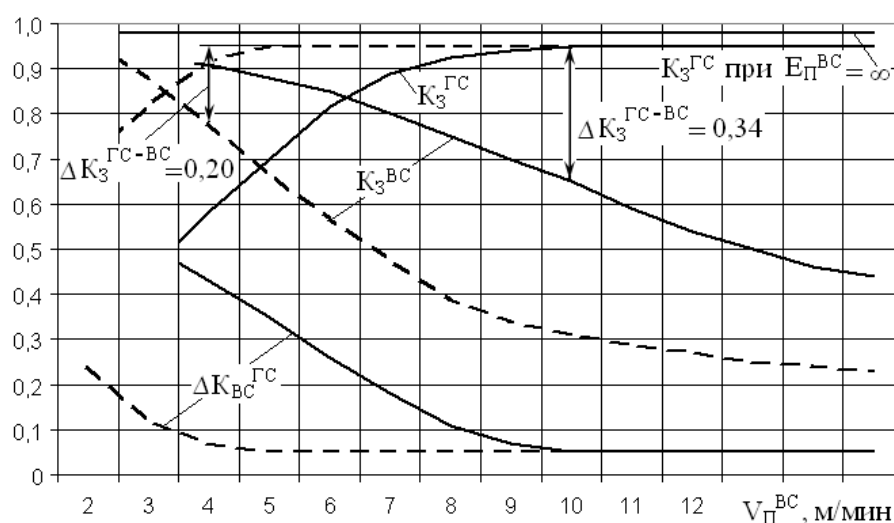


Рис. 3. Графики зависимостей $K_3^{ГС}$, $K_3^{ВС}$ и $\Delta K_{ВС}^{ГС}$ от $V_{П}^{ВС}$:
—— схема 1; — — — схема 2

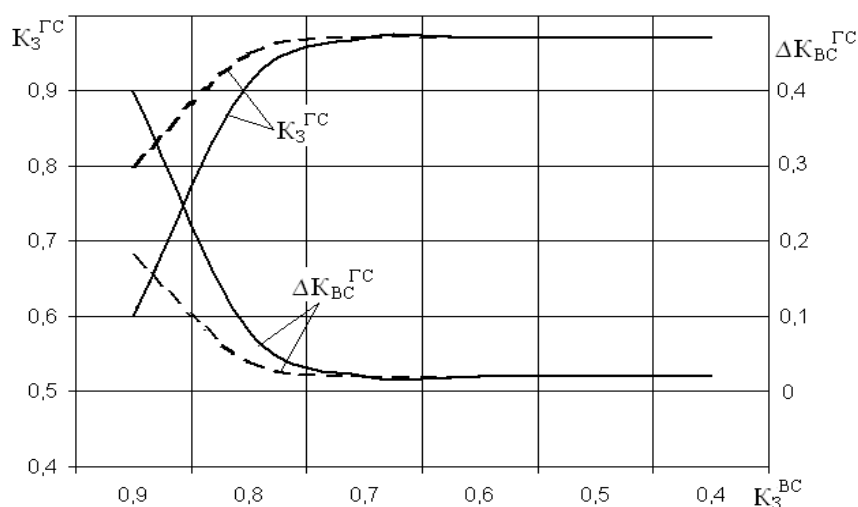












Рис. 4. Графики зависимостей $K_3^{ГС}$ и $\Delta K_{ВС}^{ГС}$ от $K_3^{ВС}$:
—— схема 1; — — — схема 2

Результаты машинного эксперимента приведены в таблице и на рисунке 5. Анализ зависимостей $K_3^{BC} = f(E_{П}^{TC})$ позволяет назначить $E_{П}^{TC}$ в 70 заготовок при интенсивности обработки на станках ТС до $\mu^{TC} = 1/t_{д}^{TC} = 1/(52 : 2) = 0,0364$ 1/с или при увеличении интенсивности μ^{TC} до 1/10,1 = 0,0991 1/с в 15 заготовках (почти «жесткая» связь).

Значения K_3 для станков при $E_{П\min}^{TC}$, $E_{П\max}^{TC}$ и $E_{П\text{опт}}^{TC}$ для различных структурных схем технологических потоков ($K_3^{ГС} = 0,973$ при $E_{П}^{BC} = \infty$ и $E_{П}^{TC} = \infty$; $K_3^{BC} = 0,822$ при $E_{П}^{TC} = \infty$) при выпилке короткомерной пилопродукции)

K ₃ ^{ГC} при E _П ^{ГC}			K ₃ ^{BC} при E _П ^{ГC}			K ₃ ^{ГC} при E _П ^{ГC}			ΔK _{BC-ГC} ^{ГC}	ΔK _{ГC} ^{BC}
min	max	опт	min	max	опт	min	max	опт		
<div>ЛТ80 —  — ГC1 —  — BC1 —  — ЦКБ-40</div>										
0,460	0,575	0,555	0,265	0,350	0,325	0,970	0,990	0,975	0,318	0,297
15	300	70	15	300	70	15	300	70		
<div>ЛТ80 —  — ГC1 —  — BC1 — <div> </div><div>ЦКБ-40 ЦКБ-40</div></div>										
0,825	0,950	0,935	0,515	0,610	0,595	0,880	0,940	0,895	0,038	0,027
15	300	70	15	300	70	15	300	70		
<div>ЛТ80 —  — ГC1 —  — BC1 —  — ГСПР16М8</div>										
0,955	0,955	0,955	0,625	0,675	0,625	0,400	0,400	0,400	0,018	0,018
15	300	15	15	300	15	15	300	15		

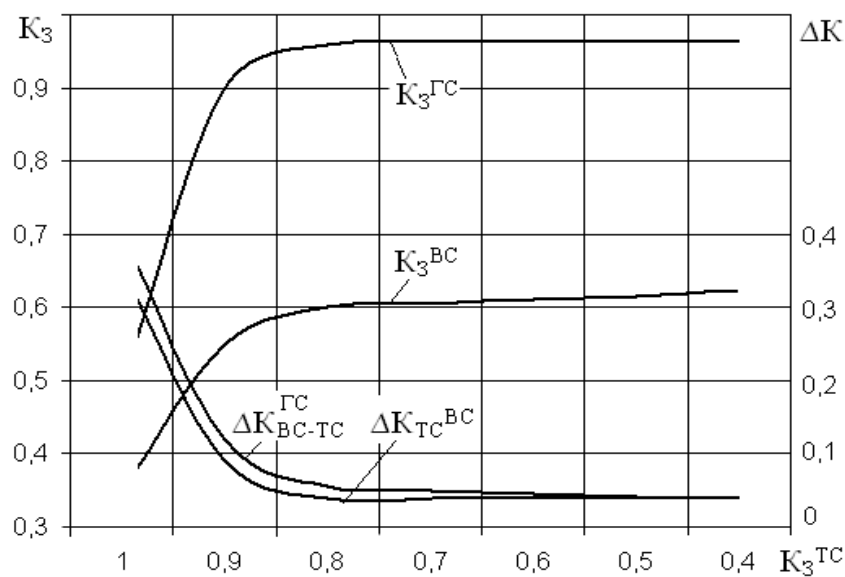


Рис. 5. Графики зависимостей $K_3^{ГС}$, K_3^{BC} , $\Delta K_{BC-TC}^{ГС}$, $\Delta K_{ТС}^{BC}$ от $K_3^{ТС}$

Значения $K_3^{ГС}$ и $K_3^{ВС}$ стабилизируются при коэффициенте загрузки ТС $K_3^{ГС} = 0,9$, при этом снижение коэффициента загрузки ГС составляет $\Delta K_{ВС-ГС}^{ГС} = 0,038$, соответственно, для станка ВС $\Delta K_{ТС}^{ВС} = 0,027$.

Выводы

Применение комплекс-программы «ЦЕХ» позволяет получать оценку основных параметров, влияющих на технологический процесс и количественно оценить влияние их на показатели работы лесоперерабатывающего цеха.

Полученные результаты моделирования технологического процесса лесоперерабатывающего цеха не противоречат основным положениям теории производительности машин и механизмов, имеющимся данным в научно-технической и справочной литературе. Они дополняют и уточняют результаты ранее проведённых научных исследований в области технологических процессов лесоперерабатывающих цехов.

Библиографический список

1. Калитеевский Р.Е. Проектирование лесопильных потоков. М.: Лесн. пром-сть, 1972. 184 с.
2. Исследование технологии тарных цехов методом математического моделирования с целью поиска путей повышения производительности труда № ГР 74016085, инв. № Б388745: отчет о НИР/УЛТИ № 33/74 / рук. Н.В. Лившиц; исполн. В.В. Чамеев, В.В. Обвинцев [и др.]. Свердловск, 1974. 80 с.
3. Применение методов теории массового обслуживания при проектировании раскроечных цехов / Н.В. Лившиц, В.В. Обвинцев, Б.Е. Меньшиков, В.В. Чамеев // Тара деревянная: научн.-техн. реф. сб. / ВНИПИЭИлеспром. 1974. № 2. С. 10–11.
4. Лившиц Н.В., Обвинцев В.В., Чамеев В.В. Применение имитационно-статистической модели технологического процесса лесоперерабатывающего цеха для исследования возможности повышения производительности его оборудования // Лесосечные, лесоскладские работы и сухопутный транспорт леса: межвуз. сб. науч. тр. / Ленингр. лесотех. акад. 1980. Вып. 9. С. 95–99.
5. Лившиц Н.В., Обвинцев В.В., Чамеев В.В. Применение имитационной модели для анализа и синтеза технологических процессов лесоперерабатывающих цехов // Лесосечные, лесоскладские работы и сухопутный транспорт леса: межвуз. сб. науч. тр. / Ленингр. лесотех. акад. 1981. Вып. 10. С. 123–126.
6. Алгоритмы и машинные программы для исследования технологических процессов лесоперерабатывающих цехов: архитектура комплекс-программы «ЦЕХ» / В.В. Чамеев, С.Б. Якимович, Ю.В. Ефимов, Г.Л. Васильев // Молодой учёный. 2015. № 10 (90). Ч. III. С. 357–360.
7. Алгоритмы и машинные программы для исследования технологических процессов лесоперерабатывающих цехов: обобщённая схема компонент-программы «ПОТОК» / В.В. Чамеев, Г.Л. Васильев, Ю.В. Ефимов, В.В. Терентьев // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды X Международн. евразийск. симпозиума. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2015. С. 87–92.
8. Синхронизация технологических потоков в лесоперерабатывающих цехах / В.В. Обвинцев, В.В. Чамеев, П.И. Пшеничников, Д.М. Солдатов // Научн. труды. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2000. С. 64–71.
9. Чамеев В.В., Поляков В.В., Подкорытов А.В. Влияние ёмкости питателя перед цехом на загрузку лесопильной рамы Р63-4Б при распиловке несортированного пиловочного сырья на необрезные пиломатериалы // Научное творчество молодёжи –

лесному комплексу России: мат-лы III Всероссийск. научн.-техн. конф. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2007. Ч. 1. С. 295–298.

10. Влияние длины питателя перед лесопильной рамой Р63-4Б на коэффициент её загрузки при распиловке несортированного пиловочного сырья на необрезные пиломатериалы / Д.С. Первухин, И.А. Рогозинников, А.В. Подкорытов, В.В. Чамеев // Научное творчество молодёжи – лесному комплексу России: мат-лы III Всероссийск. научн.-техн. конф. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2007. Ч. 1. С. 298–303.

11. Азарёнок В.А., Гаева Е.В., Чамеев В.В. Синхронизация работы головного станка лесобработывающего цеха с предшествующими операциями при распиловке сырья вразвал // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды II Междунар. евразийск. симпозиума. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2007. С. 23–30.

12. Влияние ёмкости питателя на загрузку лесопильной рамы Р63-4Б при распиловке пиловочного сырья на обрезные пиломатериалы / Д.С. Первухин, И.А. Рогозинников, В.В. Поляков, В.В. Чамеев // Научное творчество молодёжи – лесному комплексу России: мат-лы III Всероссийск. научн.-техн. конф. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2007. Ч. 1. С. 303–309.

13. Чамеев В.В., Гаева Е.В., Азарёнок В.А. Обоснование размеров межоперационных запасов сырья перед головным станком лесобработывающего цеха // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды II Международн. евразийск. симпозиума. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2007. С. 30–36.

14. Чамеев В.В., Еремеев А.А., Терентьев В.В. Синхронизация работы станков в технологических потоках лесобработывающих цехов по раскрою круглых лесоматериалов на пилопродукцию // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды IV Международн. евразийск. симпозиума. Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. С. 221–224.

15. Синхронизация станков по производительности в технологических потоках лесобработывающих цехов / С.Б. Якимович, В.В. Чамеев, Г.Л. Васильев, Ю.В. Ефимов // Молодой учёный: Ежемесячный научный журнал. 2015. № 5 (85). С. 207–214.

УДК 674*812.02

В.А. Шамаев, И.Н. Медведев, С.Н. Варнавский
(V.A. Shamaev, I.N. Medvedev, S.N. Varnavskij)
(ВГЛТУ, г. Воронеж, РФ)
E-mail для связи с авторами: drevstal@mail.ru

**ПРОИЗВОДСТВО ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ
ИЗ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ
ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ТРЕНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

**MANUFACTURING SLIDING BEARINGS OF THE MODIFIED WOOD
FOR FRICTION DETAILS OF MACHINES AND MECHANISMS**

Производство подшипников скольжения из модифицированной древесины экономически менее затратное и менее трудоемкое по сравнению с традиционными